

**Különböző foszfortrágyák hatása a talaj  
foszfortartalmára és a kukoricanövény  
foszforfrakcióira I.  
A P-trágyák hatása a talaj P-frakcióira  
és AL-oldható P-tartalmára**

TATÁR LÁSZLÓNÉ és MÁRTON ÁRPÁD

*Vetőmag Vállalat Kutató Központja, Nyíregyháza*

A műtrágyázás mai színvonala mellett fontos megismerni a talajba került műtrágya sorsát, a talaj tápanyagállapotának változását, mivel a nagy, biztonságos és gazdaságos termések elérésének és fenntartásának egyik tényezőjeként a talaj megfelelő tápanyagszintre való beállítását kell tekintenünk. A növények tápanyagfelvételét és tápanyagfelhasználását befolyásoló tényezőket azonban ma még a nagyszámú vizsgálat ellenére sem ismerjük eléggé. Ahhoz, hogy a maximális terméshez szükséges hatóanyagok optimális mennyiségének nagyságrendjét több-kevesebb hibával megbecsülhessük a talaj tápanyagformáinak, illetve a talajban lejátszódó folyamatoknak bizonyos mértékű ismeretére van szükség (SARKADI [7]).

A talajok foszforállapotának nyomonkövetésére hasznosnak bizonyultak a frakcionálási módszerek. Az eljárások közül CHANG és JACKSON módszerét [1] hazai talajaink vizsgálatára az utóbbi években kezdték alkalmazni [2, 3, 4].

Mi a foszforállapot mennyiségi és minőségi változásait különböző talajtípusokon, a növény különböző fenofázisaiban az AL-oldhatóság és a foszforfrakciók meghatározásával próbáltuk nyomon követni.

**Kísérleti anyag és módszer**

Vizsgálatainkat Nyíregyházán 1972-ben kétszeresen osztott parcellás elrendezésű szabadföldi modell-tartamkísérlet kiemelt kezeléseiben végeztük 1974- és 1975-ben. Tényezők: talajtípus — műtrágya adag — foszfor forma.

A modellek 80 cm átmérőjű, 1 m mélységű, alul nyitott, oldalfalán fóliával bélelt, köralakú furatok. Felső részükön 20 cm magas horganylemezzel merevítettük a felületi talajkeveredés megakadályozása miatt.

Az 1:1:1 arányú N —  $P_2O_5$  —  $K_2O$  300-600-900 kg/ha hatóanyag mennyiségeit a kísérletben évenként ősszel juttattuk a talaj felszínére, majd 20 cm mélyen dolgoztuk be. A nitrogént 34%-os ammóniumnitrát, a káliumot 60%-os káliumklorid formájában adtuk. A foszfor hatóanyag különböző foszfortrá-

gya alakjában került a talajba: a) 85%-os technikai foszforsav, 0,05 n oldatban; b) 17,5%  $P_2O_5$  tartalmú szemcsézett szuperfoszfát; c) 30% összes  $P_2O_5$  tartalmú poralakú kingiszeppi nyersfoszfát; d) 30% összes  $P_2O_5$  tartalmú, poralakú algéri nyersfoszfát. A nyersfoszfátok szekunder eredetű foszforitok voltak.

A vizsgálatainkhoz kiválasztott talajok a kísérlet beállítása előtti néhány fontosabb jellemzőjét az 1. táblázat tartalmazza.

Vizsgálatainkat a tartamkísérlet 3. és 4. évéből közöljük, amikor a kísérlet jelzőnövénye *Mv-59* középérésű kukorica volt.

Talajmintát botfúróval tenyészedényenként 3 helyről vettünk a talaj 0-20 cm-es rétegéből, közvetlenül vetés előtt, a virágzás fenofázisában és betakarítás után. Légszáraz talajmintákból KURMIES [5] szerint határoztuk meg a talaj összes foszfortartalmát és a következő foszfát csoportjait, foszforfrakcióit:

#### Foszfát csoportok:

Kalciumfoszfátok  
Alumínium- és vasfoszfátok  
NaOH-ban oldható szerves foszforvegyületek  
Maradék foszfátok

#### Rövidítésük:

Ca-P  
Al-, Fe-P  
Szerves-P  
Maradék-P

Az egyes frakciók foszfortartalmát MURPHY és RILEY [6] módszerével mértük. A talaj AL-oldható foszfortartalmát SARKADI, KRÁMER és THAMMNÉ [8] szerint végeztük. Az összes N-tartalmat TYURIN szerint kromátos oxidáció utáni KJELDAHL desztillációval, az össz. K-tartalmat a talaj királyvizes feltárása után nyert kivonatából lángfotométerrel mértük.

### Kísérleti eredmények és értékelésük

#### A talajok AL-oldható foszfortartalmának változása

Hazánkban a gyakorlatban az AL-oldható foszfortartalom alapján ítélik meg a talajok foszforállapotát, ezért vizsgálnunk kellett azokat a tényezőket, amelyek az AL-oldható foszfortartalomra pozitívan vagy negatívan hatnak.

A rendszeres foszfortrágyázás kumulatív hatása mindhárom talajtípuson kifejezett volt, amit az bizonyít, hogy a trágyázás hatására jelentősen megnőtt az NK-s kontrollhoz viszonyítva a talajok AL-oldható foszfortartalma (2. táblázat). A homoktalaj AL-oldható foszfortartalma a növekvő 100-200-300 kg  $P_2O_5$ /ha adagok hatására szignifikánsan növekedett. Ezen a talajon a vegetáció egész időtartama alatt pozitív lineáris összefüggést találtunk az adag és a talaj AL-oldható foszfortartalma között mindegyik foszfortrágya esetén (3. táblázat).

Nem kaptunk viszont szignifikáns összefüggést — néhány kezelést kivéve — a réti és csernozjom talajon végzett összefüggés vizsgálatoknál.

Ezek a talajokon csak a legnagyobb (300 kg/ $P_2O_5$ /ha) adagú trágyázás hatására jött létre minden más kezeléshez viszonyított szignifikáns AL-oldható foszfortartalom növekedés. Feltételezzük, hogy ebben a réti talajokra jellemző erős foszformegkötődés, csernozjom talaj esetén pedig az eredeti talaj igen magas AL-oldható foszfortartalma játszott közre.

A foszforformák a talajtípusoktól függően alakították az AL-oldható foszfortartalmat (2. táblázat). Homok és réti talajon könnyen oldható foszfortartalom alapján megítélve a foszforsav, szuperfoszfát, kingiszeppi nyersfosz-

1. táblázat

A vizsgált talajok néhány jellemző adata a kísérlet beállításának évében

(1) Talajtípus, származási helye és mintavétel mélysége, cm	(2) K <sub>A</sub>	(3) Leiszapolható rész %	pH		CaCO <sub>3</sub>	(4) Humusz	(5) Összes tápanyag %			(6) AL-oldható mg/100 g	
			H <sub>2</sub> O	KCl			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
A) Humuszos homok											
Nyíregyháza											
0—40	25	12	6,8	6,1	0	0,8	0,03	0,03	0,20	9,6	19
40—80	25	—	7,1	6,6	0	0,5	0,01	0,03	0,15	7,2	14
B) Réti talaj											
Tiszavasvári											
0—40	54	73	7,4	6,8	0	2,2	0,10	0,04	0,50	5,3	14
40—80	48	—	7,7	6,1	4,2	1,8	0,09	0,04	0,46	3,3	10
C) Csernozjom talaj											
Nagycserkesz											
0—40	33	28	8,0	7,5	4,6	3,0	0,13	0,31	0,63	250,0	165
40—80	32	—	8,2	7,6	10,0	2,6	0,10	0,20	0,58	98,0	140

2. táblázat

A műtrágya adagok, a foszfortrágyák és a mintavételi időpontok hatása a talajok AL-oldható foszfortartalmára (2 év átlaga)

(1) Vizsgált tényezők	(2) Homok talaj	(3) Réti talaj	(4) Csernozjom talaj
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg %		
A) Műtrágya hatása			
NK Kontroll	6,6	5,6	158,6
300 kg/ha NPK évente 1 : 1 : 1	11,6	17,2	166,6
600 kg/ha NPK évente 1 : 1 : 1	17,0	20,1	144,4
900 kg/ha NPK évente 1 : 1 : 1	23,3	32,2	184,8
SzD <sub>5%</sub>	1,6	4,4	7,4
B) Foszfortrágya hatása			
a) NK kontroll	6,6	5,6	158,6
b) Foszforsav	17,1	35,7	175,8
c) Kingiszeppi nyersfoszfát	28,7	30,7	149,9
d) Algiri nyersfoszfát	11,3	7,1	156,6
e) Szuperfoszfát	22,9	36,6	185,3
SzD <sub>5%</sub>	1,2	2,8	8,1
C) Mintavétel ideje			
f) Vetéskor	20,5	27,7	154,7
g) Címerhányáskor	15,1	20,8	150,9
h) Betakarításkor	16,4	20,9	190,2
SzD <sub>5%</sub>	6,0	4,7	51,6

fát igen jó foszforellátottságot alakított ki, de a meszes és szélsőségesen magas felvehető foszfortartalmú csernozjom talaj foszfortartalmát csak a vízoldható foszfortrágyák növelték megbízhatóan.

A talajok AL-oldható foszfortartalma szezonális változást mutatott mindhárom talajon. A két év, foszforformák és adagok átlagában a vetés időpontjához viszonyítva a címerhányás idejére mindhárom talajon lecsökkent a könnyen oldható foszfortartalom (2. táblázat). A betakarítás idejére a homok és

## 3. táblázat

A P-trágya adag (x) és a homoktalaj AL-oldható foszfortartalma (y) közötti lineáris összefüggések mutatói (n = 6)

(1) Kísérleti év és kezelések	(2) Vetéskor			(3) Címerhányáskor			(4) Betakarításkor		
	Korrelációs koefficiens (r)	Regressziós		Korrelációs koefficiens (r)	Regressziós		Korrelációs koefficiens (r)	Regressziós	
		állandó (a)	koeffi- ciens (b)		állandó (a)	koeffi- ciens (b)		állandó (a)	koeffi- ciens (b)
1974									
b) Foszforsav	0,73	15,6	13,2	0,86*	6,0	4,8	0,95**	5,9	5,7
c) Kingiszeppi nyersfoszfát	0,98***	7,9	13,5	0,99***	8,1	8,2	0,99***	10,3	9,5
d) Algiri nyers- foszfát	0,85*	14,1	1,6	0,99***	4,3	3,1	0,99***	4,3	3,7
e) Szuperfoszfát	0,99***	1,7	15,2	0,97**	1,5	9,1	0,93**	3,7	9,3
1975									
b) Foszforsav	0,96**	4,5	6,7	0,93**	5,0	4,8	0,99***	4,6	5,2
c) Kingiszeppi nyersfoszfát	0,99***	9,7	11,1	0,99***	9,4	8,3	0,99***	11,0	7,3
d) Algiri nyers- foszfát	0,99***	3,7	4,0	0,99***	1,7	3,8	0,95**	2,6	3,5
e) Szuperfoszfát	0,99***	4,2	9,7	0,98***	3,4	8,1	0,99***	3,3	8,4

\*\*\* 0,1%-on; \*\* 1%-on; \* 5%-on szignifikáns;

csernozjom talajokon növekedett az AL-oldható foszfor, melynek mennyisége homoktalajon nem érte el, csernozjom talajon meghaladta a vetés előtti állapotot (4. táblázat). A homok és csernozjom talajon tapasztalt átlagos szezonális változással azonos tendenciát mutatott minden foszforforma és adag, valamint a foszforral nem trágyázott kezelés is, míg réti talajon ezek a tényezők évenként összefüggéstelenül, gyakran ellentétesen változtak.

#### A talajok foszforfrakcióinak alakulása

A vizsgált talajok foszfor szintje eredetüknek és a korábbi évek trágyázási színvonalának megfelelően különböző volt. A tartamkísérlet 3-4. évben a trágyázási kezelések átlagában a réti talaj foszfortartalma átlagosan 1,4-szer, a csernozjom talajé 3,9-szer volt több, mint a homoké.

— A talajok foszfortartalmának dózisok szerinti változása — a foszforfrakciók átlagában — az AL-oldható foszfortartalomhoz hasonló tendenciát mutatott: a növekvő műtrágya adagok hatására növekedett (5. táblázat). Homok- és réti talajon a 100 kg/ha foszforhatóanyaghoz viszonyítva a 200 kg  $P_2O_5$ /ha adagolás átlagosan 10%-kal, a 300 kg  $P_2O_5$ /ha 26-30%-kal növelte a talajok foszfortartalmát.

Homoktalajon az évenként adott 100-200-300 kg  $P_2O_5$ /ha hatására minden adag között szignifikánsan növekedett a talaj foszfortartalma. Réti és csernozjom talajon csak a kis- és nagyadagok között volt szignifikáns a foszfor gyarapodás mértéke.

— A foszforformák ugyancsak módosították a talajok foszforfrakcióinak átlagértékét. A különböző talajtípusokon a kontrollhoz viszonyítva az algiri nyerszfát 40-45, a foszforsav 26-52, a szuperfoszfát 35-62 ppm-mel növelte a talajok átlagos foszfortartalmát, ami arra enged következtetni, hogy a talaj-

## 4. táblázat

P-trágyák hatása a talajok AL-oldható foszfortartalmára a tenyészidő alatt  
(2 év átlaga  $P_2O_5$  mg %)

(1) Foszfortrágyák	(2) Homoktalajon			(3) Réti talajon			(4) Csernozjom talajon		
	(5) Vetés- kor	(6) Címer- hányás- kor	(7) Betaka- ritáskor	(5) Vetés- kor	(6) Címer- hányás- kor	(7) Betaka- ritáskor	(5) Vetés- kor	(6) Címer- hányás- kor	(7) Betaka- ritáskor
a) NK kontroll	8,1	5,5	6,2	6,9	5,0	5,1	151,1	114,3	180,4
b) Foszforsav	19,9	15,0	16,2	45,9	27,1	34,1	163,0	155,8	209,0
c) Kingiszeppi nyers- foszfát	33,3	25,2	27,5	34,4	30,4	27,1	137,8	140,4	171,6
d) Algiri nyersfoszfát	15,1	9,7	10,7	8,2	6,5	6,1	150,4	144,2	175,3
e) Szuperfoszfát	27,9	19,7	21,2	42,8	34,7	32,2	171,7	169,5	214,5
SzD <sub>5</sub> %	2,1			4,2			14,8		

tulajdonságok a foszfortartalom vonatkozásában jobban befolyásolták a víz-oldható foszfortrágyákat, mint a vízzel oldhatatlanokat (5. táblázat).

— Mindhárom talajon uralkodó foszforfrakció a kalciumfoszfát volt, melynek abszolút és viszonylagos mennyisége talajtípusonként változott. Legkisebb mennyiség (183 ppm) a homoktalajban, legnagyobb (1232 ppm) a csernozjom talajban volt, ami az adott talajtípus össz-foszfortartalmának 42, illetve 74%-a. A kalciumfoszfát után következő legnagyobb foszforfrakció mennyisége a vas-alumíniumfoszfát, mely nagyságrendileg mindhárom talajon azonos, de az összfoszfornak homoktalajon átlagosan 32%-át, réti talajon 22%-át, csernozjom talajon mindössze 10%-át tette ki. A szerves és a maradék foszfát abszolút értéke a csernozjom talajon volt a legnagyobb, homokon pedig a legkisebb, az össz-foszfortartalomhoz viszonyítva fordított a helyzet (6. táblázat). A különböző foszforfrakciók abszolút és viszonylagos átlagértékei mindhárom talajon szignifikánsan különböztek egymástól.

## A foszforfrakciók változása

A foszforfrakciók átlagértékeinek évek közötti változása mindhárom talajon szignifikáns volt, ami azt jelenti, hogy az adott időtartam alatt a talajban lejátszódó folyamatok lényegesen megváltoztatják a talajok foszforállapotát. A vegetáció azonos (vetés, címerhányás, érés) időpontjaiban a vizsgált 2 év között szélső értékeként homoktalajon + 9-62, réti talajon 14-98, csernozjom talajon 9-137 ppm foszfortartalom változást találtunk (1. ábra).

A vegetáció időtartamára és a foszfortrágyázás átlagára vonatkoztatva a két év közötti foszfortartalom változás legkisebb értékeit homok, legnagyobbakat csernozjom talajon kaptuk. A különböző foszforfrakciók a réti talajon éves és műtrágyázási átlagban gyakorlatilag azonos abszolút értékekkel változtak. Homoktalajon legkisebb változás a kalciumfoszfát, legnagyobb a vas-alumíniumfoszfát frakcióban, csernozjom talajon legkisebb a vas-alumíniumfoszfát, legnagyobb a maradék foszfát frakcióban következett be.

A laboratóriumi vizsgálatok azt mutatták, hogy nem csak az évek között, hanem egy vegetációs időszakban is jelentős változások mehetnek végbe a talajok foszforállapotában (7. táblázat). A tenyészidő alatt végbemenő változások — amelyek a különböző foszforfrakciók mennyiségének egymáshoz és más

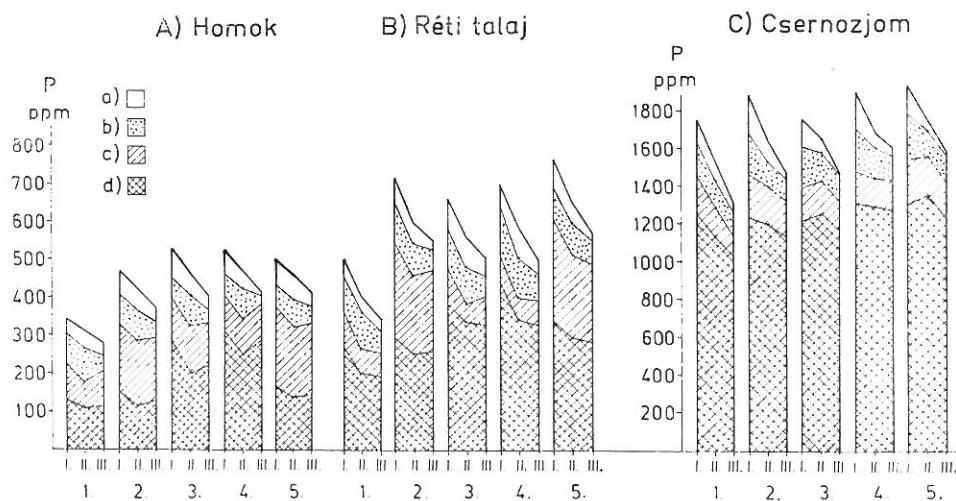
5. táblázat

A műtrágya adagok és a foszfortrágyák hatása a talajok foszforfrakcióinak átlagára (2 év átlaga)

(1) Vizsgált tényezők	(2) Homoktalaj	(3) Réti talaj	(4) Csernozjom talaj
	P ppm		
<b>A) Műtrágya hatása</b>			
300 kg/ha NPK évente 1 : 1 : 1	94	131	408
600 kg/ha NPK évente 1 : 1 : 1	104	143	386
900 kg/ha NPK évente 1 : 1 : 1	122	165	455
SzD <sub>5%</sub>	8	22	16
<b>B) Foszfortrágya hatása</b>			
a) NK kontroll	80	106	387
b) Foszforsav	106	158	417
c) Kingiszeppi nyersfoszfát	113	147	411
d) Algiri nyersfoszfát	120	151	428
e) Szuperfoszfát	115	168	438
SzD <sub>5%</sub>	7	10	16

tápanyagokhoz viszonyított arányának különbözőségében jutnak kifejezésre — igen fontosak lehetnek, mivel felvehetőségükkel a növény szelektív tápanyagigényének kielégítésével szabályozói lehetnek a terméseredményeknek és a beltartalmi értékeknek. A műtrágyázási kezelések és évek átlagában a talaj kalciumfoszfát frakciója a címerhányásig minden talajtípuson szignifikánsan csökkent. A csökkenés mértéke homok- és réti talajon elérte a 20%-ot. Címerhányástól betakarításig homoktalajon szignifikánsan növekedett, csernozjom talajon szignifikánsan, réti talajon tendenciában csökkent.

A vas-alumíniumfoszfát frakció címerhányásig mindhárom talajon szignifikánsan csökkent, címerhányástól betakarításig homok- és réti talajon ten-



1. ábra

Foszforfrakciók alakulása különböző talajokban.

I: vetéskor; II: címerhányáskor; III: betakarításkor. Kezelések: 1: NK; 2: foszforsav; 3: dék-P; b) Szerves-P;

6. táblázat

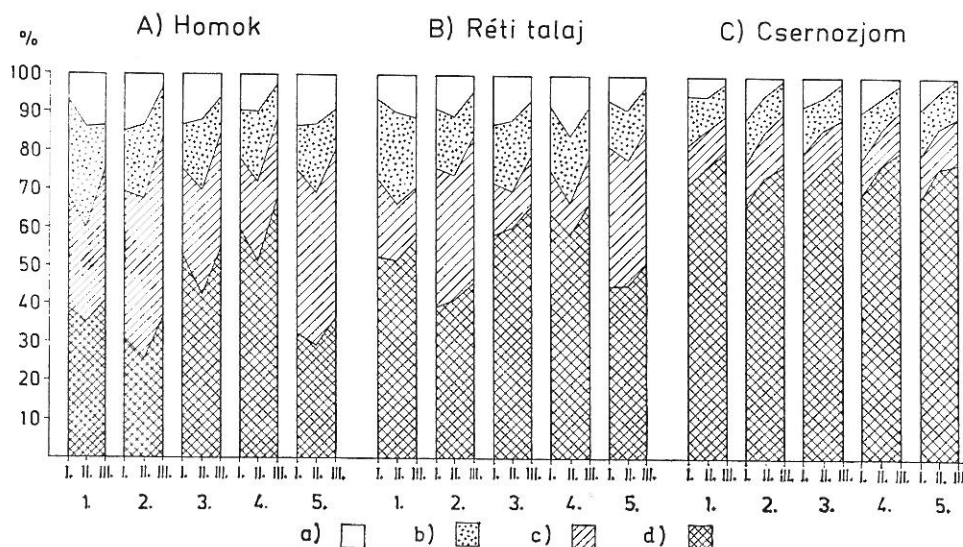
## A műtrágyázás hatása a talajok foszforfrakcióira (2 év átlaga)

(1) P-frakció	(2) Homoktalaj		(3) Réti talaj		(4) Csernozjom talaj	
	P ppm	%	P ppm	%	P ppm	%
Ca-P	183	42,7	309	52,9	1232	74,0
Fe, Al - P	136	31,8	131	22,4	175	10,5
a) Szerves-P	62	14,5	90	15,4	164	9,8
b) Maradék-P	47	11,0	54	9,3	94	5,7
SzD <sub>5%</sub>	15	3,5	17	3,0	29	1,7

denciában növekedett, csernozjom talajon szignifikánsan tovább csökkent. A szerves foszforfrakció homokon címerhányásig nőtt, onnan csökkent, a másik két talajon szignifikáns csökkenést mutatott a korábbi fenofázisokhoz viszonyítva. A maradék foszfor csernozjom talajon szignifikánsan csökkent a vizsgálati időpontok között, homok- és réti talajon a címerhányás és beta-karítás között csökkenés volt szignifikáns.

A szezonális dinamika nemcsak a műtrágyázási kezelések átlagában mutatható ki, hanem a foszforformában is. Homok és réti talajon a vízdoldható foszfortrágyák és nyersfoszfátok hatására a talajokban kialakult foszforfrakciók szezonális változása nagymértékben eltér egymástól (1. és 2., ábra).

Az összfoszforon belül a kalciumfoszfát frakció a vízdoldható foszfortrágyák hatására mindkét talajtípuson mindhárom vizsgálati időpontban kisebb értéket, a nyersfoszfátok hatására pedig nagyobb értéket mutatott a trágyázatlan kezeléseknél.



2. ábra

Foszforfrakciók megoszlása az összfoszfor százalékában.  
kingiszeppi nyersfoszfát; 4: algéri nyers- foszfát; 5: szuperfoszfát. P-frakciók: a) Mara-  
c) Fe, Al-P; d) Ca-P



7. táblázat

A foszforfrakciók szezonális változása különböző talajokon (2 év átlagában P ppm)

(1) P-frakció	(2) Homoktalaj			(3) Réti talaj			(4) Csernozjom talaj		
	(5) Vetés- kor	(6) Címer- hányás- kor	(7) Betaka- rításkor	(5) Vetés- kor	(6) Címer- hányás- kor	(7) Betaka- rításkor	(5) Vetés- kor	(6) Címer- hányás- kor	(7) Beta- kari- táskor
Ca—P	210	164	182	359	292	286	1266	1250	1177
Fe, Al—P	143	130	132	159	114	121	193	177	155
a) Szerves-P	66	84	38	107	99	64	222	145	123
b) Maradék-P	58	58	25	60	67	35	166	89	29
SzD <sub>5%</sub> P-frakciók között	25			24			22		
SzD <sub>5%</sub> mintavételi időpon- tok között	4			9			11		

A vas-alumíniumfoszfát frakció ezzel szemben minden esetben a vízdoldható foszforkezelésekben volt a legnagyobb, a vízdoldhatatlan foszfortrágyákéban pedig a legkisebb. Csernozjom talajon a viszonylagosan nagy kalciumfoszfát frakció miatt a foszforformák nem idéztek elő jelentősebb szezonális változást a különböző foszforfrakciókban.

A vízdoldható és vízdoldhatatlan foszfortrágya kezelések foszforfrakcióinak összehasonlítása azt mutatja, hogy a vegetáció különböző időszakában a vízdoldható foszforformák hatására réti talajon 10-20%-kal, homoktalajon 50%-kal kevesebb kalciumfoszfát és 44-70%-kal több vas- alumíniumfoszfát állt a növények rendelkezésére, mint a vízdoldhatatlan foszforkezelésekben.

A különböző vegetációs időszakokban a szerves és maradék foszfor mennyiséget réti talajon a nyersfoszfátok átlagosan 10-50%-kal növelték a vízdoldható foszfortrágyákhoz képest. Homoktalajon viszont a vízdoldható foszfortrágyák idéztek elő ugyanilyen mértékű eltérést a fenti két foszforfrakció mennyiségében a nyersfoszfátokhoz képest.

### Összefoglalás

Homok-, réti és csernozjom talajon vizsgáltuk a különböző vízdoldhatóságú foszfortrágyák növekvő adagjainak hatását a talaj AL-oldható foszfortartalmának és foszforfrakcióinak alakulására.

A kísérlet 4. évére a foszfortrágyák 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha hatóanyag átlagában —az algíri nyersfoszfát kivételével— mindhárom talajon 0,1% valószínűségi szinten megbízhatóan növelték az AL-oldható foszfortartalmat. Homoktalajon legjobban a kingiszeppi nyersfoszfát (22 mg%-kal) és a szuperfoszfát (16 mg%-kal), réti talajon a foszforsav, szuperfoszfát és kingiszeppi nyersfoszfát növelte az AL-oldható foszfortartalmat. A csernozjom talaj igen magas AL-oldható foszfortartalmát csak a szuperfoszfát és foszforsav növelte tovább. A talajok foszforfrakcióinak átlagértéke a dózisok, foszforformák és talajtípusok szerint változott. Mindhárom talajon az uralkodó foszforfrakció a kalciumfoszfát volt, amely után nagyságrendileg a vas-alumíniumfoszfát frakció következett. Ennek a frakciónak az abszolút mennyisége minden talajtípuson közel azonos volt, de az összfoszfornak homoktalajon 32%-át, réti talajon 22%-át, csernozjom talajon 10%-át tette ki.



A vegetáció különböző időszakában a vízőldható foszfortrágyák hatására mindegyik vizsgált talajon lényegesen kevesebb kalciumfoszfát és három-négyszeres mennyiségű vas-alumíniumfoszfát állt a növények rendelkezésére, mint a nyersfoszfáttal trágyázott kezelésekben.

## Irodalom

- [1] CHANG, S. C. & JACKSON, M. L.: Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.* **83**. 133—144. 1957.
- [2] FÜLEKY, GY.: A talaj P-állapotának változása tartamkísérletben. II. *Agrokémia és Talajtan.* **24**. 391—302. 1975.
- [3] FÜLEKY, GY. & KÁDÁR, I.: A talaj P-állapotának változása tartamkísérletben. I. *Agrokémia és Talajtan.* **24**. 29—45. 1975.
- [4] FÜLEKY, GY. & VARGA, GY.: A foszforvegyületek eloszlása jellegzetes hazai talajokon. *Agrokémia és Talajtan.* **23**. 41—49. 1974.
- [5] KURMIES, B.: Zur Fraktionierung der Bodenphosphate. *Phosphorsäure.* **29**. 118—151. 1972.
- [6] MURPHY, J. & RILEY, J. P.: A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* **27**. 31—36. 1962.
- [7] SARKADI, J.: A műtrágyaigény becslésének módszerei. *Mezőgazd. Kiadó. Budapest.* 1975.
- [8] SARKADI, J., KRÁMER, M. & THAMM, F.-NÉ: Kalcium- és ammónium-laktátos talaj-kivonatok tartalmának meghatározása aszkorbinsav-ónkloridos módszerrel melegítés nélkül. *Agrokémia és Talajtan.* **14**. 75—86. 1965.
- [9] Talaj- és trágyavizsgálati módszerek. *Mezőgazd. Kiadó. Budapest.* 1962.

Érkezett: 1978. december 6.

## Effect of Different Phosphorus Fertilizers on the Phosphorus Content of the Soil and on the Phosphorus Fractions of the Maize Plant I. Effect of P-Fertilizers on the P-Fractions of the Soil and the AL-Soluble P-Content

P. TATÁR and Á. MÁRTON

Research Centre of the Seed Production Enterprise, Nyíregyháza, (Hungary)

### Summary

The effect of increasing doses of phosphorus fertilizers with different solubilities on the AL-soluble phosphorus content and the phosphorus fractions of the soil was studied on sandy, meadow and chernozem soils.

By the fourth year of the experiment the phosphorus fertilizers (200 kg  $P_2O_5$ /ha on average) increased the AL-soluble phosphorus content, with the exception of *Algiers* rock phosphate, at the 0.1% level of significance in all three soils. The greatest increase in the AL-soluble phosphorus content was produced by *Kingisepp* rock phosphate (22 mg %) and superphosphate (16 mg %) on sandy soil, and by phosphoric acid, superphosphate and *Kingisepp* rock phosphate on meadow soil. The extremely high AL-soluble phosphorus content of chernozem soil was only increased by superphosphate and phosphoric acid. The mean value of the phosphorus fractions of the soils varied depending on the dosage, the form of phosphorus and the type of soil. In all three types of soil the dominant phosphorus fraction was calcium phosphate, which was followed in order of magnitude by the iron-aluminium phosphate fraction. The absolute quantity of this fraction was approximately the same for all types of soil, but it made up 32% of the total phosphorus in sandy soil, 22% in meadow soil and 10% in chernozem soil. In the various phases of the vegetation period considerably less calcium phosphate and three or four times as much iron-alu-

minium phosphate was available to the plants on all the soils studied due to the effect of soluble phosphorus fertilizers than in treatments fertilized with rock phosphate.

*Table 1.* Some characteristic data of the soils examined in the year the experiment was set up. (1) Soil type, place of origin and depth of sampling, cm. *A*) Humous sand; *B*) Meadow soil; *C*) Chernozem. (2) Sticky-point according to Arany. (3) Percentage of particles  $<0,02$  mm, %. (4) Humus, %. (5) Total nutrient content. (6) AL-soluble phosphorus, mg/100 g.

*Table 2.* Effect of fertilizer dosage, phosphorus fertilizer and date of sampling on the AL-soluble phosphorus content of soils average of 2-years, ( $P_2O_5$ -mg %). (1) Factors studied: *A*) Effect of fertilizers; *B*) Effect of phosphorus fertilizer: *a*) NK control; *b*) Phosphoric acid; *c*) *Kingisepp* rock phosphate; *d*) *Algiers* rock phosphate; *e*) Superphosphate. *C*) Date of sampling: *f*) At planting; *g*) At tasselling; *h*) At harvest. (2) Sandy soil. (3) Meadow soil. (4) Chernozem soil.

*Table 3.* Indices ( $n = 6$ ) of the linear correlation between the P-fertilizer dose ( $x$ ) and the AL-soluble phosphorus content of sandy soil ( $y$ ). (1) Experimental year and treatment: *b*)—*e*) see Table 2. (2) At planting: correlation coefficient values. (3) At tasselling. (4) At harvest. \* Significant at the 5% level. \*\* Significant at the 1% level. \*\*\* Significant at the 0,1% level.

*Table 4.* Effect of P-fertilizers on the AL-soluble phosphorus content of soils during the vegetation period average of (2-years,  $P_2O_5$  mg %). (1) Phosphorus fertilizers: *a*)—*e*) see Table 2. (2) On sandy soil. (3) On meadow soil. (4) On chernozem soil. (5) At planting. (6) At tasselling. (7) At harvest.

*Table 5.* Effect of fertilizer doses and phosphorus fertilizers on the mean phosphorus fractions of soils average of (2-years, P ppm). For legends, see Table 2.

*Table 6.* Effect of fertilization on the phosphorus fractions of soils (2-year mean P ppm). (1) P-fraction: *a*) Organic P; *b*) Residue P. (2) Sandy soil. (3) Meadow soil. (4) Chernozem soil.

*Table 7.* Seasonal variations in phosphorus fractions on various soils average of (2-years, P ppm). (1) see Table 6. Other legends, see Table 4.

*Fig. 1.* Phosphorus fractions in various soils. *A*) Humous sand. *B*) Meadow soil. *C*) Chernozem soil. I: at planting; II: at tasselling; III: at harvest. Treatments: 1. NK; 2. NK + phosphoric acid; 3. NK + *Kingisepp* rock phosphate; 4. NK + *Algiers* rock phosphate; 5. NK + superphosphate. P-fractions: *a*) Residue P; *b*) Organic P; *c*) Fe, Al-P; *d*) Ca-P.

*Fig. 2.* Distribution of phosphorus fractions as a percentage of total phosphorus. For legends, see Fig. 1.

## Über die Wirkung verschiedener P-Mineraldünger auf den P-Gehalt des Bodens und auf die P-Fractionen der Maispflanze I.

### Wirkung der P-Mineraldünger auf die P-Fractionen und auf den AL-löslichen P-Gehalt des Bodens

P. TATÁR und Á. MÁRTON

Forschungszentrale für Saatgut, Nyíregyháza (Ungarn)

#### Zusammenfassung

Es wurde die Wirkung von zunehmenden P-Mineraldüngergaben der Mineraldünger von unterschiedlicher Wasserlöslichkeit auf die Gestaltung des AL-löslichen P-Gehaltes der Böden und deren P-Fractionen auf Sand-, Wiesen- und Tschernozemböden untersucht.

Mit Ausnahme des algerischen Rohphosphates haben die P-Mineraldünger bis zum Ende des vierten Versuchsjahres im Durchschnitt bei der 200 kg  $P_2O_5$ /ha Wirkstoffgabe auf allen drei Böden den AL-löslichen P-Gehalt statistisch gesichert erhöht ( $P = 0,1\%$ ). Auf Sandböden erhöhte das *Kingisepp*-Rohphosphat und das Superphosphat, auf Wiesenböden die Phosphorsäure, das Superphosphat und das *Kingisepp*-Rohphosphat den AL-löslichen P-Gehalt am meisten. Den sehr hohen AL-löslichen P-Gehalt des Tschernozembodens haben nur das Superphosphat und die Phosphorsäure weiter erhöht. Die

Durchschnittswerte der P-Fractionen der Böden änderten sich je nach Düngergaben, P-Formen und Bodentypen. In allen drei Böden bildete das Kalciumposphat die vorherrschende P-Fraktion, wonach in Grössenordnung die Eisen- sowie Aluminiumphosphat-Fraktion folgte. Die absolute Menge dieser Fraktion war in jedem Bodentyp nahezu identisch, betrug aber im Sandboden 32%, im Wiesenboden 22%, und im Tschernozemboden 10% des Gesamtphosphors. In den verschiedenen Zeitpunkten der Vegetationsperiode stand den Pflanzen durch Anwendung von wasserlöslichem P-Mineraldünger auf jedem einzelnen untersuchten Boden wesentlich weniger Kalciumposphat und das 3—4fache an Eisen- und Aluminiumphosphat zur Verfügung als in den mit Rohphosphat gedüngten Varianten.

*Tab. 1.* Einige Bodencharakteristika zu Versuchsbeginn. (1) Bodentyp, Herkunfts-ort und Tiefe der Probenahme, cm; A) Humoser Sand.; B) Wiesenboden; C) Tschernozem. (2) Bindigkeitszahl nach Arany. (3) Abschlümmbarer Teil, %. (4) Humusgehalt, %. (5) Gesamte Nährstoffmenge. (6) AL-löslich, mg/100 g Boden.

*Tab. 2.* Einfluss der Mineraldüngergaben, der P-Düngerformen und der Zeitpunkte der Probenahme auf den AL-löslichen P-Gehalt der Böden (Mittelwerte von 2 Jahren,  $P_2O_5$  mg/100 g). (1) Untersuchte Faktoren: A) Einfluss der Mineraldünger; B) Einfluss des P-Düngers: a) NK-Kontrolle, b) Phosphorsäure; c) Rohphosphat aus Kingisepp, d) Rohphosphat aus Algerien, e) Superphosphat. C) Zeitpunkt der Probenahme: f) bei der Aussaat; g) beim Fahrenschieben; h) bei der Ernte. (2) Sandboden. (3) Wiesenboden. (4) Tschernozemboden.

*Tab. 3.* Kennzahlen der linearen Zusammenhänge zwischen der P-Mineraldüngergabe (x) und dem AL-löslichen P-Gehalt (y) des Sandbodens (n = 6). (1) Versuchsjahr und Variante: b) — e) s. unter Tab. 2. (2) Korrelationskoeffizienten, Regressionskonstanten, sowie -koeffizienten bei der Aussaat; (3) beim Fahrenschieben; (4) bei der Ernte. \* = signifikant bei P = 5%; \*\* = signifikant bei 1%; \*\*\* = signifikant bei 0,1%.

*Tab. 4.* Einfluss der P-Mineraldünger auf den AL-löslichen P-Gehalt der Böden während der Vegetationsperiode (Mittelwert von 2 Jahren,  $P_2O_5$  mg%). (1) P-Dünger: a) — e) s. unter Tab. 2. (2) Sandboden. (3) Wiesenboden. (4) Tschernozemboden. (5) bei der Aussaat. (6) Beim Fahrenschieben. (7) Bei der Ernte.

*Tab. 5.* Einfluss der Düngergaben und der Düngerformen auf die Mittelwerte der P-Fractionen der Böden (Mittelwerte von 2 Jahren, P ppm). Bezeichnungen s. unter Tab. 2.

*Tab. 6.* Einfluss der Mineraldüngung auf die P-Fractionen der Böden (Mittelwerte von 2 Jahren, P ppm.). (1) P-Fraktion: a) Organischer P, b) Rest-P. (2) Sandboden. (3) Wiesenboden. (4) Tschernozemboden.

*Tab. 7.* Saisonale Änderungen in den P-Fractionen der einzelnen Böden (Mittelwerte von 2 Jahren, P ppm). (1) s. unter Tab. 6., die übrigen Bezeichnungen s. unter Tab. 4.

*Abb. 1.* Gestaltung der P-Fractionen in den unterschiedlichen Böden A) Humoser Sand. B) Wiesenboden. C) Tschernozemboden. I: Aussaat; II: Fahrenschieben; III: Ernte. Varianten: 1. NK; 2. NK + Phosphorsäure; 3. NK + Rohphosphat aus Kingisepp; 4. NK + Rohphosphat aus Algerien; 5. NK + Superphosphat. P-Fractionen: a) Rest-Phosphate; b) Organische Phosphate; c) Fe- + Al-Phosphate; d) Ca-Phosphate.

*Abb. 2.* Prozentuelle Verteilung der P-Fractionen in % des Gesamtphosphorgehaltes. Bezeichnungen s. unter Abb. 1.

## Влияние различных фосфорных минеральных удобрений на содержание в почве фосфора и на фракции фосфора в кукурузе. I

### Влияние фосфорных удобрений на фракции фосфора в почве и на содержание в ней фосфора, растворимого в лактате аммония

П. ТАТАР и А. МАРТОН

Научно-Исследовательский Центр Семеноводческого предприятия, Ниредьхаза (Венгрия)

#### Резюме

На песчаной, луговой и черноземной почвах изучали влияние увеличивающихся доз фосфорных минеральных удобрений различной растворимости на содержание в почве АЛ-растворимого фосфора и отдельных фракций фосфора.

На четвертый год опыта фосфорные минеральные удобрения, вносимые в среднем в дозах 200 кг действующего начала  $P_2O_5$  на гектар — за исключением Алжирских сырых

фосфатов во всех трех типах почвы достоверно увеличили содержание АЛ-растворимого фосфора ( $P = 0,1\%$ ). В песчаной почве содержание АЛ-растворимого фосфора особенно увеличилось при внесении Кингисеппских сырых фосфатов (на  $22 \text{ мг}\%$ ) и суперфосфата (на  $16 \text{ мг}\%$ ), в луговой почве — при внесении фосфорной кислоты, суперфосфата и Кингисеппских сырых фосфатов. Дальнейшее повышение и без того высокого содержания в черноземе АЛ-растворимого фосфора проходило только под влиянием внесения суперфосфата и фосфорной кислоты. Средние величины содержания в почве фракций фосфора изменялись в зависимости от доз, форм фосфора и типа почвы. Во всех трех почвах господствующей фракцией являлась фракция фосфата кальция, за которой следовали фракция сульфата железа и алюминия. Абсолютное содержание кальциевой фракции в трех изученных типах почвы было примерно одинаковым, а в процентах от общего фосфора составляло в песчаной почве —  $32\%$ , в луговой почве —  $22\%$ , в черноземе —  $10\%$ . Во всех исследованных почвах водорастворимые фосфорные удобрения, по сравнению с сырыми фосфатами, в гораздо меньшей мере увеличивали кальциевую фракцию фосфатов, доступных для растений в различные сроки вегетации.

*Табл. 1.* Некоторые свойства изученных почв в год заложения опыта. (1) Тип почвы, место залегания и глубина взятия образцов в см: А) Гумусированный песок; В) Луговая почва; С) Чернозем. (2) Связность по Арань. (3) Ил,  $\%$ . (4) Гумус в  $\%$ . (5) Общее количество питательных веществ. (6) Растворимых в АЛ.  $\text{мг}/100 \text{ г}$ .

*Табл. 2.* Влияние доз минеральных удобрений, фосфорных минеральных удобрений и сроков взятия образцов на содержание в почве фосфора, растворимого в лактате аммония (в среднем за два года),  $P_2O_5 \text{ мг}\%$ . (1) Изученные факторы. А) Влияние минерального удобрения; В) Влияние фосфорного удобрения: а) НК контроль; б) Фосфорная кислота; с) Кингисеппский сырой фосфат; д) Алжирский сырой фосфат; е) Суперфосфат; С) Время взятия образцов: f) При посеве; g) В стадии выбрасывания метелки; h) В момент уборки. (2) Песчаная почва. (3) Луговая почва. (4) Чернозем.

*Табл. 3.* Показатели линейной зависимости ( $n = 6$ ) между дозой фосфорного минерального удобрения ( $x$ ) и содержанием в песчаной почве АЛ-растворимого фосфора ( $y$ ). (1) Год опыта и вариант: от б) до е) смотри в таблице 2. (2) При посеве. Коэффициент корреляции и постоянные регрессии, а также величины коэффициентов. (3) В стадии выбрасывания метелки. (4) В момент уборки. \*  $5\%$  уровень достоверности. \*\*  $1\%$  уровень достоверности. \*\*\*  $0,1\%$  уровень достоверности.

*Табл. 4.* Влияние фосфорных минеральных удобрений на содержание в почвах АЛ-растворимого фосфора в вегетационный период (в среднем за два года  $P_2O_5 \text{ мг}\%$ ). (1) Фосфорные минеральные удобрения: от а) до е) смотри в таблице 2. (2) В песчаной почве. (3) В луговой почве. (4) В черноземе. (5) При посеве. (6) В стадии выбрасывания метелки. (7) В момент уборки.

*Табл. 5.* Влияние фосфорных минеральных удобрений и доз их внесения на среднее содержание в почве фракций фосфора (среднее за два года  $P \text{ ppm}$ ). Остальные обозначения смотри в таблице 2.

*Табл. 6.* Влияние внесения минеральных удобрений на фракции фосфора в почвах (среднее за два года  $P \text{ ppm}$ ). (1) Фракция фосфора: а) Органический фосфор, б) Остаточный фосфор. (2) Песчаная почва. (3) Луговая почва. (4) Чернозем.

*Табл. 7.* Сезонное изменение содержания фракций фосфора в различных почвах (среднее за два года  $P \text{ ppm}$ ). (1) Смотри в таблице 6. Остальные обозначения смотри в таблице 4.

*Рис. 1.* Образование фракций фосфора в различных почвах. А) Гумусированный песок. В) Луговая почва. С) Чернозем. I: при посеве. II: в стадии выбрасывания метелки. III: в момент уборки. Варианты: 1. НК. 2. НК + фосфорная кислота; 3. НК + кингисеппский сырой фосфат; 4. НК + алжирский сырой фосфат; 5. НК + суперфосфат; Фракции фосфора: а) Остаток фосфора; б) Органический фосфор; с) Fe, Al—P; Ca—P.

*Рис. 2.* Распределение фосфорных фракций в процентах от общего фосфора. Обозначения смотри на рисунке 1.